

UP

1986-12-01

TI

Mobile flowmeter for calibrating gas meter has venturi  
pipes operating in sonic region to isolate meter being  
calibrated from input supply

PN

FR2580803-A

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2002 P11061 W0

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 580 803**

(21) N° d'enregistrement national :

**85 05977**

(51) Int Cl<sup>4</sup> : G 01 F 25/00.

(12)

# DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 19 avril 1985.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 43 du 24 octobre 1986.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

(71) Demandeur(s) : *Service National dit : GAZ DE FRANCE.*  
— FR.

(72) Inventeur(s) : Jean Philippe Henri Cornil.

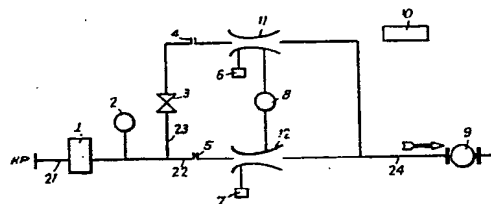
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet Beau de Loménie.

(54) Banc de débitmétrie mobile.

(57) Le banc mobile comprend deux tuyères 11, 12 à col sonique, un filtre 1 placé sur une conduite 21 raccordée à une source de fluide haute pression HP, un capteur 2 de masse volumique, des capteurs de température 4, 5, et un capteur de pression 8. Les tuyères à col sonique 11, 12 présentent un col variable de façon continue grâce à un élément tronconique inséré à l'intérieur de l'espace convergent-divergent de la tuyère pour délimiter avec le col un espace annulaire dont la section de passage est fonction de la position du tronc de cône par rapport au col. Le banc comprend en outre des dispositifs de positionnement direct des éléments mobiles des tuyères des capteurs 6, 7 de déplacement pour la mesure de la position des éléments mobiles des tuyères.

Application notamment à l'étalonnage de débitmètres ou compteurs de fluides sous pression *in situ*.



FR 2 580 803 - A1

**Banc de débitmétrie mobile.**

La présente invention a pour objet un banc de débitmétrie mobile, notamment pour l'étalonnage de débitmètres ou compteurs de fluide sous pression in situ.

05        Afin notamment de pouvoir contrôler avec précision la consommation de gaz, il est important que les dispositifs de mesure de débit soient soumis à des contrôles périodiques.

10        On réalise souvent pour cela des étalonnages en air et sous une pression voisine de la pression atmosphérique. Ces conditions ne correspondent cependant pas aux conditions d'utilisation réelles, c'est-à-dire en général avec du gaz naturel et sous une pression qui peut atteindre quelques dizaines de bars. L'utilisation d'un gazomètre étalon pour l'étalonnage d'un débitmètre ou d'un compteur destiné à un fluide gazeux permet de  
15        disposer d'une méthode d'étalonnage précise mais à pour inconvénient d'être intransportable en raison de l'importance des installations, un gazomètre ayant plusieurs mètres cubes et de la nécessité d'être mis en oeuvre dans des locaux offrant de faibles variations thermiques.

20        Afin de remédier à ces inconvénients, on a aussi proposé de réaliser des étalonnages dans le domaine de la débitmétrie sous pression, pour des pressions allant de 1 à 60 bars environ, en utilisant comme étalon primaire des tuyères venturí fonctionnant en régime sonique.

25        On sait en effet que pour une tuyère convergente-divergente à col cylindrique, lorsque la pression absolue aval est inférieure à 95% de la pression absolue amont, la vitesse du son est atteinte par l'écoulement au niveau du col et le débit est alors entièrement déterminé par la section de ce col et l'état  
30        thermodynamique du gaz à l'amont (pression, température) et par sa masse volumique.

35        Pour une tuyère étalon de section donnée, il suffit de mesurer la masse volumique, la pression et la température qui règnent à l'amont de celle-ci pour connaître le débit. Lorsque le régime d'écoulement sonique est obtenu pour des gaz et notamment

le gaz naturel, la zone de mesure amont est totalement isolée et on évite ainsi toute perturbation par le compteur à étalonner. Cette particularité propre aux tuyères évite toute interaction entre l'étalon et l'appareil à étalonner. Cette méthode permet  
05 bien des étalonnages sous forte pression (95% de la pression disponible à l'amont de la tuyère) sans dégradation des qualités métrologiques.

Une telle méthode d'étalonnage présente cependant un certain nombre d'inconvénients. Ainsi, l'étalonnage d'un compteur  
10 à partir de tuyères nécessite de faire coïncider la dynamique de l'étalon et du compteur. Pour y parvenir avec une seule tuyère, il faut maîtriser la pression d'alimentation, c'est-à-dire la faire varier pour obtenir le débit désiré. Ceci est rarement possible sur un réseau, et n'est possible que dans une plage limitée sur un  
15 banc de débitmétrie. L'association de plusieurs tuyères de section judicieusement choisie permet d'engendrer à partir d'une pression fixée une plage théoriquement illimitée de débits. Ceci nécessite toutefois des installations lourdes avec pour chaque tuyère un système de vannes permettant de réaliser différentes combinaisons,  
20 et ceci implique également une mesure de température et de pression au niveau de chacune des tuyères.

Bien entendu, avec un tel dispositif, l'évolution du débit ne peut être continue car les mises en service ou hors service des tuyères s'opèrent pas tout ou rien ce qui nécessite certaines  
25 précautions destinées à éviter des phénomènes transitoires brutaux susceptibles de détériorer les compteurs à étalonner.

De plus, la validité des mesures tient pour une bonne part à l'obtention d'une étanchéité absolue au niveau des vannes d'isolement. En effet, une fuite tant externe qu'interne au niveau  
30 de l'une de ces vannes entraînerait une erreur sur le calcul du débit étalon d'autant plus grande que ce dernier est petit.

La présente invention vise à remédier aux inconvénients précités et à permettre de réaliser un étalonnage précis in situ et sous forte pression sur une large plage de débit, de façon  
35 commode et sans qu'il soit nécessaire de disposer d'une

installation complexe et encombrante.

- 05 Ces buts sont atteints grâce à un banc de débitmétrie mobile comprenant au moins une tuyère à col sonique, un filtre placé sur une conduite raccordée à une source de fluide haute pression, un capteur de masse volumique pour mesurer la masse volumique du fluide sous pression en amont de la tuyère, un capteur de température pour mesurer la température en amont de la tuyère, et un capteur de pression pour mesurer la pression en amont de la tuyère,
- 10 caractérisé en ce que la tuyère à col sonique présente un col variable de façon continue face à un élément tronconique inséré à l'intérieur de l'espace convergent-divergent de la tuyère pour délimiter avec le col un espace annulaire dont la section de passage est fonction de la position du tronc de cône par rapport
- 15 au col, et en ce qu'il comprend en outre un dispositif de positionnement de l'élément mobile de la tuyère et un capteur de déplacement pour la mesure de la position de l'élément mobile de la tuyère.

- 20 Selon un mode de réalisation particulier, le banc de débitmétrie comprend deux tuyères à col sonique de section variable montées en parallèle et associées chacune à un capteur de déplacement, un capteur de température amont et un capteur de pression amont, et une vanne montée en série avec l'une des tuyères à col sonique de section variable, les deux tuyères étant
- 25 de préférence de calibre différent.

- On connaît déjà par le brevet français 2 341 131 intitulé "Appareil pour la régulation et le comptage des débits de gaz", un ensemble comprenant une tuyère constituant le corps de l'appareil et formant un convergent-divergent, avec à l'intérieur
- 30 de cette tuyère un élément mobile de forme tronconique qui délimite avec le col un espace annulaire dont la section de passage est fonction de la position du tronc de cône par rapport au col. Un tel appareil présente ainsi un col sonique variable de façon continue, mais le positionnement de la tuyère s'opère par
- 35 l'intermédiaire d'un servomoteur pneumatique asservi à la pression

à contrôler. Un tel appareil ne peut donc être utilisé tel quel pour effectuer un étalonnage de débit dans la mesure où un système asservi pneumatiquement ne présente pas une stabilité suffisante.

05 Selon l'invention, on utilise un dispositif de positionnement direct de l'élément mobile de la tuyère. Ce dispositif de positionnement peut être de type mécanique avec un moteur pas à pas d'entraînement à une vis, mais est de préférence constitué par un vérin hydraulique alimenté par une pompe oléopneumatique.

10 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante d'un mode particulier de réalisation, donné à titre d'exemple, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

15 - la figure 1 représente le schéma symbolique d'un banc mobile de débitmétrie selon l'invention avec deux tuyères à col de section variable, et

- la figure 2 représente une coupe axiale d'un exemple de tuyère à col de section variable utilisable dans le cadre de la présente invention.

20 Un banc de débitmétrie mobile selon l'invention et permettant d'effectuer l'étalonnage d'un débitmètre ou d'un compteur 9 monté dans une conduite 24 comprend au minimum une tuyère venturi à col de section variable 12 montée dans un tronçon de conduite 22 raccordé à la conduite 24 en amont de celle-ci, un  
25 tronçon de conduite 21 raccordant le tronçon de conduite 22 par l'intermédiaire d'un filtre 1 à une source d'alimentation en fluide haute pression HP, un capteur 7 de déplacement de l'élément mobile de la tuyère 12, un capteur de température 5 en amont de la tuyère 12, un capteur de pression 8 en amont de la tuyère 12, et  
30 un capteur de masse volumique 2 relié à un tronçon de conduite amont 21 ou 22.

Comme représenté sur la figure 1, une conduite de dérivation 23 est montée en parallèle sur le tronçon de conduite 22 et comprend une vanne 3 en série avec une seconde tuyère  
35 venturi à col de section variable 11, associée à un second capteur

de température 4 disposé en amont de la tuyère 11, un second capteur de déplacement 6 pour détecter le déplacement de l'élément mobile de la tuyère 11, et un second capteur de la pression en amont de la tuyère 11, lequel capteur de pression peut cependant  
05 être confondu avec le capteur de pression 8 mesurant la pression en amont de la tuyère 12.

Un calculateur 10 permet en outre de déterminer automatiquement la valeur du débit réel mesurée en fonction des données fournies par les différents capteurs.

10 Un élément essentiel du banc mobile de débitmétrie est constitué par une au moins une tuyère 100 convergente-divergente à écoulement axial à col 117 de section annulaire que l'on peut faire varier par le déplacement longitudinal d'un clapet 102 en  
15 forme d'ogive (fig.2). Une tuyère variable, de par sa plage de fonctionnement, peut ainsi se substituer à plusieurs tuyères classiques montées en parallèle et équipées de vannes de fermeture. Dans un banc de débitmétrie classique comprenant une série de tuyères soniques fixes par exemple sept tuyères soniques  
20 différentes et montées en peigne, il est nécessaire d'installer une vanne de fermeture par tuyère et de prévoir une sonde de température par tuyère. Ceci conduit à l'encombrement très important qui empêche toute mobilité d'un tel banc de mesure. Le banc de débitmétrie mobile selon l'invention qui ne comprend  
25 qu'une ou deux tuyères soniques à col de section variable permet ainsi un gain de place et une réduction du nombre d'éléments utilisés ce qui autorise une mobilité et l'accomplissement d'opérations d'étalonnage in situ, sans perdre les avantages des tuyères soniques, c'est-à-dire l'indifférence aux perturbations venant de l'aval et la possibilité de calculer le débit à partir  
30 de mesures simples.

La tuyère 100 de la figure 2 comprend un corps 101 monté par l'intermédiaire de brides 115 sur un tronçon de conduite amont 116 et présentant une bride 114 pour être raccordée à un tronçon de conduite aval. Le corps 101 définit une première partie amont  
35 cylindrique 111, suivie d'une partie convergente 112, puis d'un



col 117 et d'une partie divergente 113. L'ensemble mobile 102 comprend lui-même une partie arrière 121 disposée à l'intérieur de la partie cylindrique 111 du corps 101 et une partie avant 123 prolongée par une partie convergente 124 en forme d'ogive qui  
05 définit la section annulaire de passage au niveau du col 117 de la tuyère. La partie arrière de l'ensemble mobile 102 comprend un canal central cylindrique pour le passage du fluide venant du tronçon de conduite amont 116 et une chambre annulaire 128 alimentée en fluide hydraulique et située entre la partie  
10 cylindrique 111 du corps 101 et la partie arrière cylindrique 125 de l'ensemble mobile 102. La chambre 128 remplie de fluide hydraulique constitue avec la partie mobile arrière 125 un vérin hydraulique qui peut être alimenté à partir d'une pompe oléopneumatique 104 par un canal ménagé dans la bride 115. Le  
15 vérin hydraulique 125 agit ainsi sur la partie 121 du corps mobile 102 qui est solidaire de la partie 123 par l'intermédiaire d'une partie 122 percée d'orifices 127 assurant le passage du fluide gazeux de l'amont vers le col de la tuyère. Une mesure de pression est effectuée par un capteur 103 dans la partie convergente 112 de  
20 la tuyère immédiatement en amont du col 117.

Une tige 126 solidaire de la partie arrière 121 de l'ensemble mobile 102 sert à la détection de la position de l'ensemble mobile à l'aide d'un capteur de déplacement 105.

Le capteur de déplacement 105 indique ainsi à chaque  
25 instant la valeur de l'ouverture au niveau du col 117 de la tuyère, ce qui permet de calculer la section de passage offerte aux gaz. Il est possible par conséquent d'en déduire le débit, une fois connus les paramètres d'état des gaz à l'entrée de l'appareil, c'est-à-dire la pression amont, la température, la densité.

30 Comme indiqué précédemment le déplacement longitudinal du clapet 102 est obtenu par l'admission d'un volume d'huile sous pression dans la chambre 128. On peut donc, en agissant sur ce volume d'huile, positionner l'ogive 102 de la tuyère de façon stable et précise, ce qui permet l'obtention d'une infinité de  
35 sections d'ouverture et donc de débits engendrés.

Afin de permettre un positionnement précis de l'ogive 102, de l'ordre de un micron, stable dans le temps et insensible aux variations de pression de ligne et de température, il convient de ne pas utiliser de système d'asservissement pneumatique tel qu'un servomoteur et un pilote. La mise en oeuvre d'un dispositif de positionnement solidaire de l'élément mobile 102 de la tuyère, tel qu'un vérin hydraulique 125, ou éventuellement un ensemble mécanique constitué d'un moteur pas à pas et d'une vis, garantit la stabilité du positionnement qui seule permet de lever l'incertitude sur la mesure de la section de passage de la tuyère variable 100.

Le capteur de déplacement 105 est de préférence constitué par un codeur optique performant présentant une définition de l'ordre du micron, ce qui supprime les erreurs de linéarité et d'hystérésis.

D'une manière générale le positionnement hydraulique du clapet 102 permet de construire des tuyères 100 d'encombrement et de poids faible. Par ailleurs, la mise en oeuvre d'une pompe oléopneumatique 104 utilisant la pression du gaz permet une totale autonomie du banc d'étalonnage.

La sonde de température destinée à mesurer la température du gaz en amont de la tuyère à col de section variable peut être constituée par une sonde à résistance platine. (capteur 4 et 5 de la figure 1).

La présence du capteur de masse volumique 2 placé en amont des tuyères à col de section variable permet de déterminer avec précision la masse volumique du gaz sous pression, et de tenir compte des changements pouvant intervenir par suite d'une variation de la composition du gaz.

L'utilisation de deux tuyères venturi 11, 12 à col de section variable et de calibres différents permet, sans augmenter outre mesure l'encombrement, de réaliser un banc de débitmétrie couvrant une large plage de débit.

A titre d'exemple, la tuyère 11 montée en série avec la vanne 3 en dérivation aux bornes de la tuyère 12 peut correspondre

à une plage allant de 1 à  $20\text{m}^3/\text{h}/\text{bar}$  avec  $20\text{m}^3/\text{h}/\text{bar}$  à pleine ouverture, tandis que la tuyère principale 12 peut correspondre à une plage allant de 7,5 à  $150\text{m}^3/\text{h}/\text{bar}$  avec  $150\text{m}^3/\text{h}/\text{bar}$  à pleine ouverture. Un tel banc de mesure  
05 fonctionne actuellement avec des pressions amont comprises entre 4 et 50 bars, mais peut également fonctionner avec d'autres pressions.

La plage de débit couverte par un tel banc est donc relativement importante, car en jouant à la fois sur la pression  
10 d'alimentation HP et l'ouverture des tuyères, ce banc permet de créer des débits compris entre 10 et  $8500\text{m}^3(\text{n})/\text{h}$ , soit une dynamique de 1 à 850.

Le calculateur 10 associé au banc de débitmétrie mobile permet de rendre automatique le fonctionnement de celui-ci et à la  
15 fois de commander l'action du dispositif de positionnement 125, l'acquisition des données fournies par le capteur de masse volumique, les capteurs de déplacement, les capteurs de température amont, et les capteurs de pression amont, le calcul du débit réel à partir des données fournies au calculateur, et la  
20 détermination de l'erreur entre le débit réel calculé et le débit affiché par un appareil de mesure à contrôler.

Le calcul du débit d'une tuyère à col de section variable peut être effectué de la façon indiquée dans le brevet français  
2 341 131 précité relatif à un appareil pour la régulation et le  
25 comptage des débits de gaz.

Si l'étalonnage des tuyères variables a été réalisé convenablement, la précision sur la valeur du débit mesuré à l'aide d'une tuyère variable servant de générateur de débit étalon  
30 peut être de l'ordre de + ou - 0,4%, c'est-à-dire très proche de celles des tuyères soniques classiques sans élément mobile tout en autorisant des mesures dans une large plage de valeurs sous la forme d'un ensemble de mesure transportable, compact et d'un coût raisonnable.

L'étalonnage des tuyères variables telles que 100, 11, 12  
35 peut s'effectuer de deux manières :

- soit par comparaison avec un peigne de tuyères classiques,

- soit sur le banc primaire d'étalonnage de tuyères.

05 La tuyère variable étant assimilable à une infinité de tuyères classiques, on procède de la manière suivante:

10 Pour chaque palier de pression amont (4 à 50 bar), on explore la plage utile d'ouverture. Pour chaque ouverture, qui correspond à l'équivalent d'une tuyère classique, on calcule le coefficient de décharge de la tuyère. Ne pouvant balayer toutes les ouvertures, on en choisit cinq ou six entre 6 et 50mm, et l'on interpole ensuite entre ces ouvertures, en traçant la courbe du coefficient de décharge, en fonction de la course.

15 Il faut tenir compte du fait que le zéro mécanique de la tuyère en fermeture, ne correspond pas rigoureusement au déplacement pour un débit normal  $Q_n=0$ . Il existe donc dans la course un talon de quelques  $\mu m$  qui est dû aux déformations du corps, et de l'équipage mobile de la tuyère, soumis à la fois à la pression de gaz et à la pression hydraulique.

20 L'ouverture indiquée par le capteur de déplacement ne correspond donc pas exactement à l'ouverture réelle; ceci entraîne une erreur de linéarité dont l'amplitude augmente très vite lorsque le débit diminue.

25 Lors de l'étalonnage, on calcule la valeur "idéale" du talon qui diminue l'erreur de linéarité à faible débit (et donc à faible ouverture).

En opérant ainsi, on compense globalement l'influence de deux phénomènes de nature différente :

30 - le talon "mécanique" mentionné plus haut,  
- la variation rapide du coefficient de décharge aux faibles valeurs du nombre de Reynolds au col, car, pour les calculs, c'est une valeur constante qui est attribuée au coefficient de décharge. Cette approximation est suffisante dès que le débit atteint une valeur courante, mais est mise en défaut pour les faibles ouvertures.

35 De plus, la pression intervenant dans les deux cas, il est

utile de calculer un "talon idéal" pour chacun des paliers de pression étudiés, en raison de la précision recherchée.

05 Ces talons, une fois calculés, sont pris en compte par le calculateur, pour une tuyère donnée, et le futur utilisateur peut très bien les ignorer, la correction de l'ouverture introduite, se faisant automatiquement en fonction de la pression.

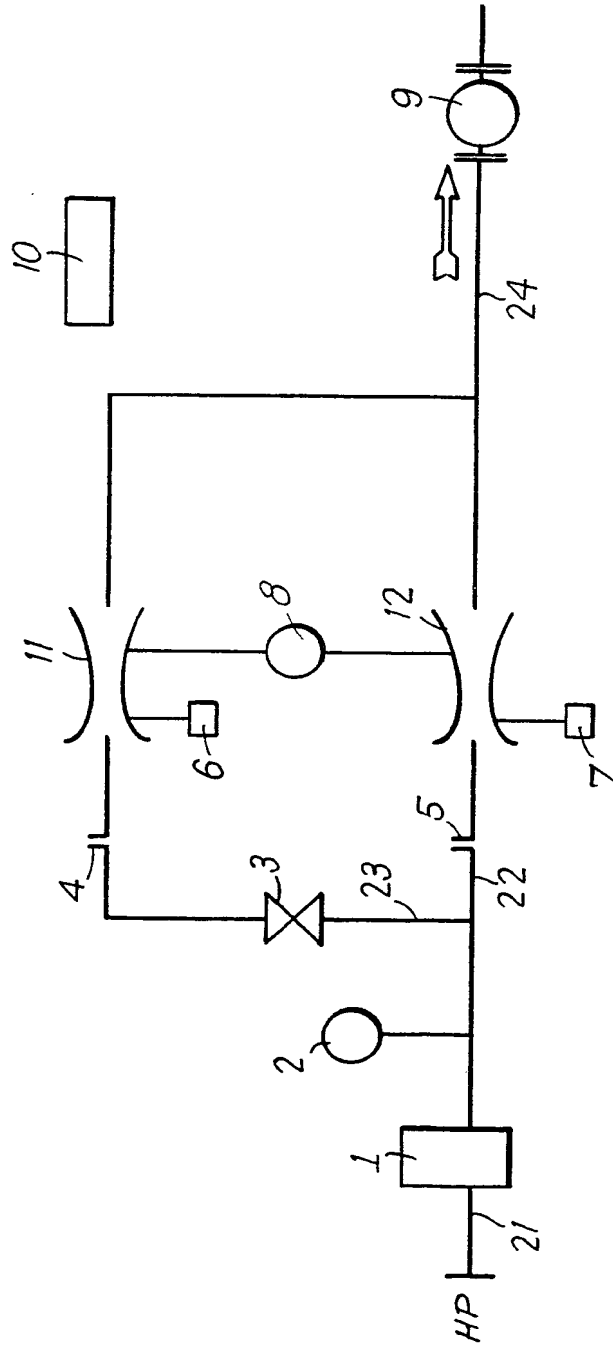
## REVENDECATIONS

1. Banc de débitmétrie mobile, notamment pour l'étalonnage de débitmètres ou compteurs de fluides sous pression in situ, comprenant au moins une tuyère (11,12) à col sonique, un filtre (1) placé sur une conduite (21) raccordée à une source de fluide haute pression (HP), un capteur (2) de masse volumique pour mesurer la masse volumique du fluide sous pression en amont de la tuyère (11,12;101), un capteur de température (4,5) pour mesurer la température en amont de la tuyère, et un capteur de pression (8;103) pour mesurer la pression en amont de la tuyère, caractérisé en ce que la tuyère à col sonique (101) présente un col variable de façon continue grâce à un élément tronconique (102) inséré à l'intérieur de l'espace convergent-divergent (112,113) de la tuyère pour délimiter avec le col (117) un espace annulaire dont la section de passage est fonction de la position du tronc de cône (102) par rapport au col (117), et en ce qu'il comprend en outre un dispositif de positionnement (125) direct de l'élément mobile (102) de la tuyère et un capteur (6,7; 105) de déplacement pour la mesure de la position de l'élément mobile (102) de la tuyère.
2. Banc de débitmétrie selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de positionnement est de type mécanique et comprend un moteur pas à pas d'entraînement et une vis.
3. Banc de débitmétrie selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de positionnement comprend un vérin hydraulique (125).
4. Banc de débitmétrie selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend une pompe oléopneumatique (104) d'alimentation du vérin hydraulique (125).
5. Banc de débitmétrie selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le capteur de déplacement (6,7;105) est constitué par un codeur optique.
6. Banc de débitmétrie selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend deux tuyères (11,12) à col sonique de section variable montées en

parallèle et associées chacune à un capteur de déplacement (6,7), un capteur de température amont (4,5) et un capteur de pression amont (8), et une vanne (3) en série avec l'une des tuyères (11,12) à col sonique de section variable.

- 05 7. Banc de débitmétrie selon la revendication 6, caractérisé en ce que les deux tuyères (11,12) à col sonique de section variable sont de calibres différents.
8. Banc de débitmétrie selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend un
- 10 calculateur (10) commandant l'action du dispositif de positionnement (125), l'acquisition des données fournies par le capteur (2) de masse volumique, les capteurs de déplacement (6,7;105), les capteurs de température amont (4,5) et les capteurs de pression amont (8;103), le calcul du débit réel à partir des
- 15 données fournies au calculateur, et la détermination de l'erreur entre le débit réel calculé et le débit affiché par un appareil de mesure à contrôler.

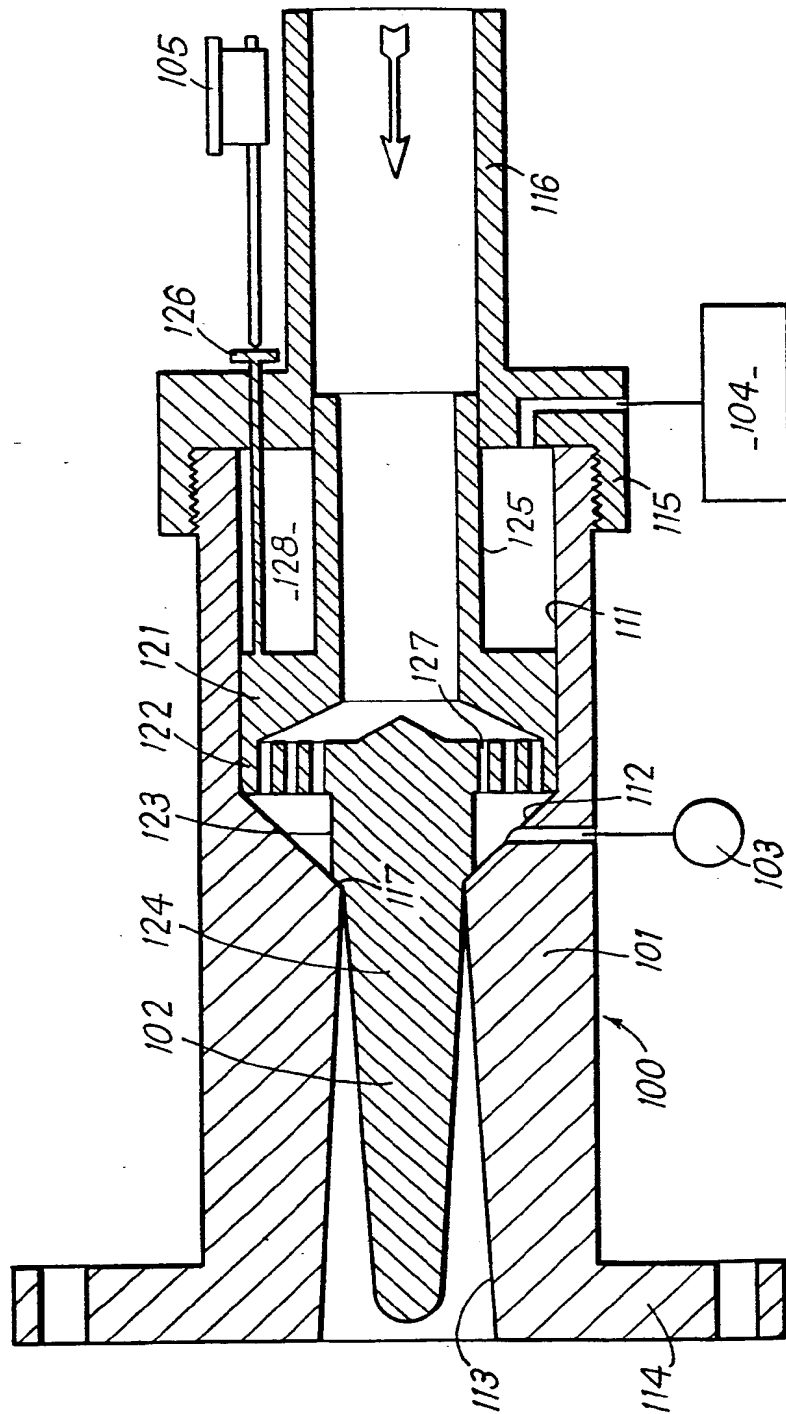
Fig 1





2/2

Fig. 2



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**